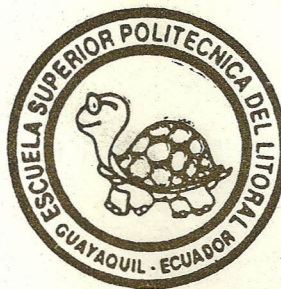


T
621.4
DURS



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica

Presentación del Informe Técnico
Selección, Adecuación y Puesta en
Funcionamiento de un Laboratorio
para Prueba de Motores a Diesel.



Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

PRESENTADO POR:

WALTER DURAN CAMACHO

Guayaquil - Ecuador

1991

AGRADECIMIENTO

Al Ing. MANUEL HELGUERO G., Director
de Informe Técnico, por su permanen-
te apoyo y por su colaboración para
la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS


DECLARACION EXPRESA

Declaro que:

"Este Informe Técnico corresponde a la resolución de un problema práctico relacionado con el perfil profesional de la ingeniería mecánica".

(Reglamento de graduación mediante la elaboración de informe técnico)

Walter Durán C.
.....
WALTER DURAN CAMACHO



.....

ING. NELSON CEVALLOS B.
Decano



.....

ING. MANUEL HELGUERO
Director de Informe Técnico



.....

ING. JORGE DUQUE
Miembro del Tribunal

RESUMEN

En los últimos años, la población de motores Caterpillar y, así mismo el servicio de reparaciones se han incrementado.

Las reparaciones de motores, ajustes y calibraciones, deben hacerse en muchos de los casos en el equipo en el cual van a trabajar, y este equipo por lo general no se encuentra cerca lo cual encarece el servicio y prolonga más el tiempo de espera, produciéndose pérdidas económicas en los clientes al tener los equipos sin funcionar. Con el objeto de dar un mejor servicio, fui designado por Talleres para Maquinaria Industrial Agrícola Cia. Ltda. como el responsable directo de los trabajos de diseño, construcción, implementación y control de una nueva área de Motores con la correspondiente " Selección, adecuación y puesta en funcionamiento de un laboratorio de prueba de motores" lo cual constituye el tema de este Informe Técnico.

En este informe se analiza factores tales como: tamaño máximo del motor, potencia (HP) que puede obtenerse, niveles de ruido, ensamble y desensamble, entrega-recepción, etc., según los cuales se realizó la selección de los equipos, tamaño y ubicación del laboratorio.

Además, para la construcción indicada se realizaron todos los estudios técnicos necesarios para la determinación de: niveles de

ruido deseados, sistema de enfriamiento, sistema de admisión y escape, alimentación de combustible, instrumentación necesaria, sistema de seguridad, etc..

Con todos estos estudios y los planos correspondientes, se procedió a la construcción y puesta en funcionamiento del laboratorio, entrando el mismo a funcionar a mi cargo en marzo 24 de 1.988; hasta Marzo 4 de 1.989 habían sido probados 84 motores obteniéndose resultados muy satisfactorios.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
I. INTRODUCCION	1
1.1. Antecedentes históricos	2
1.2. Parámetros justificativos	2
II. SELECCION DEL LABORATORIO	4
2.1. Parámetros para la selección del laboratorio	5
2.2. Banco de prueba y equipos auxiliares	5
2.3. Localización del laboratorio dentro del edificio	8
2.4. Arreglo del cuarto para el laboratorio	8
III. ADECUACION DEL LABORATORIO	13
3.1. Control de ruido	14
3.2. Sistema básico de enfriamiento del motor y banco de prueba	17
3.3. Sistema de recuperación de agua	19
3.4. Sistema de ventilación y escape	20
3.5. Sistema de combustible	32
3.6. Panel de instrumentos y controles	34
3.7. Sistemas de seguridad	37
IV. PUESTA EN FUNCIONAMIENTO	40
4.1. Preparación del motor	41
4.2. Programa de funcionamiento del motor	42
4.3. Procedimiento de balanceo del motor	45
4.4. Chequeo final del funcionamiento	48

4.5 Determinación correcta de la potencia al freno	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFIA	56

INDICE DE FIGURAS

- Fig. 2-1 *Dinámometro SF-3000*
- Fig. 2-2 *Curvas de torque máximo y potencia del dinámometro SF-3000*
- Fig. 2-3 *Localización del laboratorio dentro del edificio*
- Fig. 2-4 *Localización del área de control*
- Fig. 2-5 *Dimensiones del área de control*
- Fig. 2-6 *Tecles en el cuarto*
- Fig. 3-1 *Sistema de agua para el dinámometro*
- Fig. 3-2 *Sistema de recuperación del agua en las cisternas*
- Fig. 3-3 *Sistema de ventilación y escape*
- Fig. 3-4 *Sistema de suministro de aire*
- Fig. 3-5 *Campana de escape*
- Fig. 3-6 *Tanque de combustible*
- Fig. 3-7 *Panel de instrumentos*
- Fig. 4-1a *Acoplamiento del dinámometro*
- Fig. 4-1b *Acoplamiento del volante del motor al dinámometro*

INDICE DE TABLAS

Tabla I	Indicadores de transmisión de sonido en STC de diferentes materiales
Tabla II	Transmisión de calor a la atmósfera en BTU/min
Tabla III	Peso específico del aire a diferentes temperaturas lb/pie ³
Tabla IV	Hoja de prueba en dinámometro
Tabla V	Factores de corrección de combustible
Tabla VI	Factores de corrección de temperatura de admisión de aire

1.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

Talleres para Maquinaria Industrial Agrícola es el soporte técnico y de reparaciones para todo el equipo Caterpillar que hay en nuestro medio y el que directamente vende IIASA (Importadora Industrial Agrícola S.A.).

Las reparaciones de motores en sus diferentes fases no se encontraban unificadas en una sola área lo que ocasionaba pérdidas de tiempo solo en la movilización de componentes y en la no continuidad de los trabajos. Los constantes reclamos por garantía en las reparaciones de motores que traían como consecuencia pérdidas de dinero para el cliente, malestar en los mismos, incrementos en gastos de taller y falta de personal para atender a otros clientes, motivó a la empresa a construir un nuevo edificio donde se centre solo reparación de motores con todo un equipo de grúas eléctricas, lavadoras, herramientas, mesas de trabajo, estanterías y un laboratorio para la prueba de motores y de esta manera lograr una reparación efectiva con la consecuente prueba del motor en el propio taller lo cual va a garantizar su funcionamiento donde le corresponda trabajar.

1.2 PARAMETROS JUSTIFICATIVOS

De acuerdo a los informes de producción de cada área que eran analizados mensualmente, se presentaba una diferencia en el área de motores, esta tenía un 30% de las horas disponibles utilizadas en a

tender garantías por reparaciones además de un gasto promedio de S/.1'500.000,00 mensuales en repuestos por cargo a talleres utilizados en los repuestos por garantía. De acuerdo a un estudio de tiempo y movimiento no se utilizaba un 11% del tiempo debido a traslado de piezas, pedido de repuestos, herramientas, etc..

Al no tener una área eficiente de trabajo y donde el orden no era de lo mejor, los clientes potenciales no tenían la confianza para enviar sus motores a ser reparados. Analizando todos estos parámetros se me asignó el proyecto de instalar una área solo para motores con todo el equipo necesario y así mejorar la efectividad en los trabajos, darles mas confianza a los clientes con un mejor servicio.

Cabe indicar que una vez establecida esta área el número de reparaciones aumentó en un 60% y los ingresos por venta de repuestos se duplicaron.

Las garantías por reparaciones bajaron en un 70%, las fallas se las reparaba después de la prueba en el dinámometro y con esto se estaban cumpliendo las expectativas de la nueva área.

2.1 PARAMETROS PARA LA SELECCION DEL LABORATORIO

El laboratorio representa una inversión considerable a corto plazo, por lo tanto debe tener la capacidad de manejar las necesidades presentes con suficientes reservas para el futuro. Una proyección exacta de las necesidades futuras es difícil, pero es seguro asumir que habría incremento en las potencias de las máquinas y velocidades.

Tenemos entonces los parámetros de tamaño, potencia y velocidad a considerarse en la selección del laboratorio.

De acuerdo a la población de maquinaria en nuestro medio, el mayor número de motores tienen hasta una potencia de carga de 800 HP a 1700 RPM (full load), los tamaños son de acuerdo a su potencia y esto es relativo, ya que por mejoras en el diseño, los motores están reduciendo al máximo su tamaño.

2.2 BANCO DE PRUEBA Y EQUIPOS AUXILIARES

El banco de prueba seleccionado es un dinámometro SF-3000 diseñado para probar motores hasta 1000 HP a 1750 RPM y 3000 FT-LIBRAS de torque a una velocidad promedio de 1300 RPM de un tamaño de : 27.5 " de ancho por 23.5 " de altura por 18.5 " de largo y un peso de 250 libras. Esto se muestra en la Fig. 2-1 y su capacidad se especifica en la Fig. 2-2.

DINAMOMETRO SF 3000

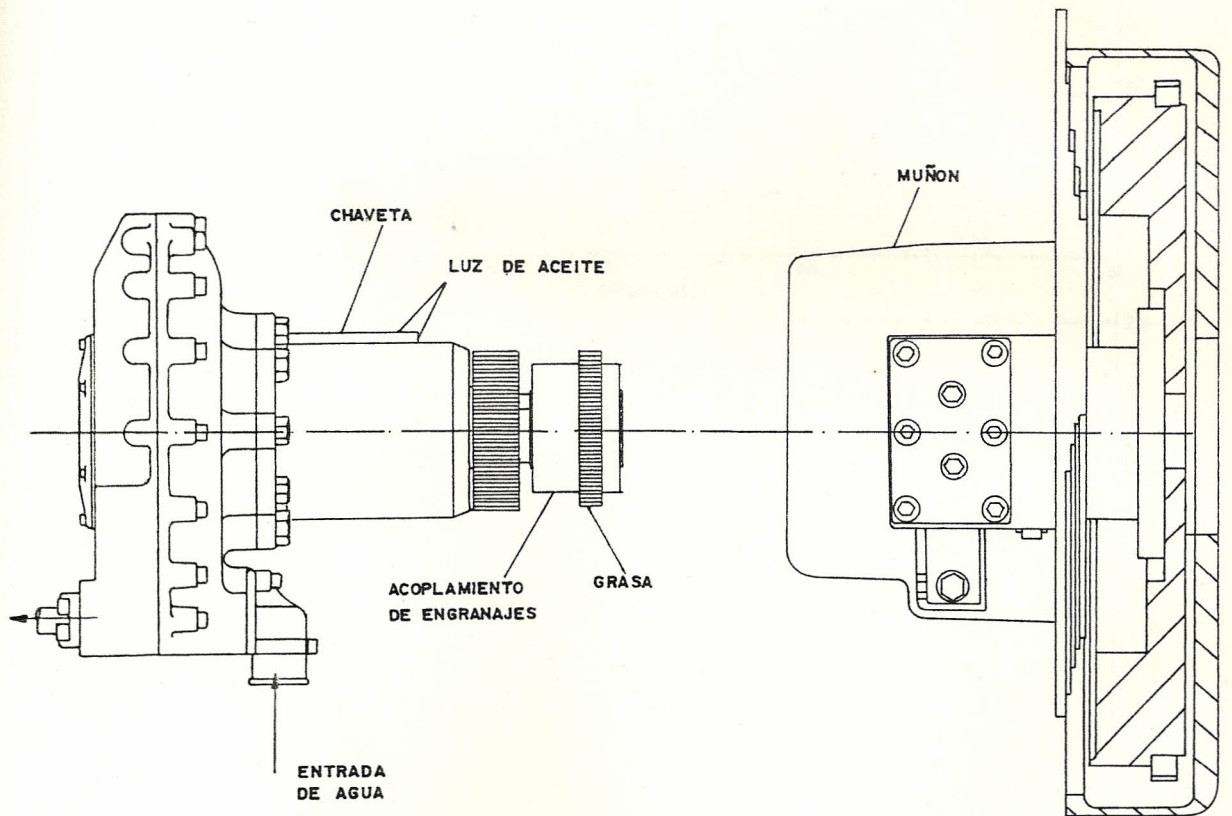


Fig. 2-1

CURVAS DE TORQUE MAXIMO Y POTENCIA DEL SF. 3000

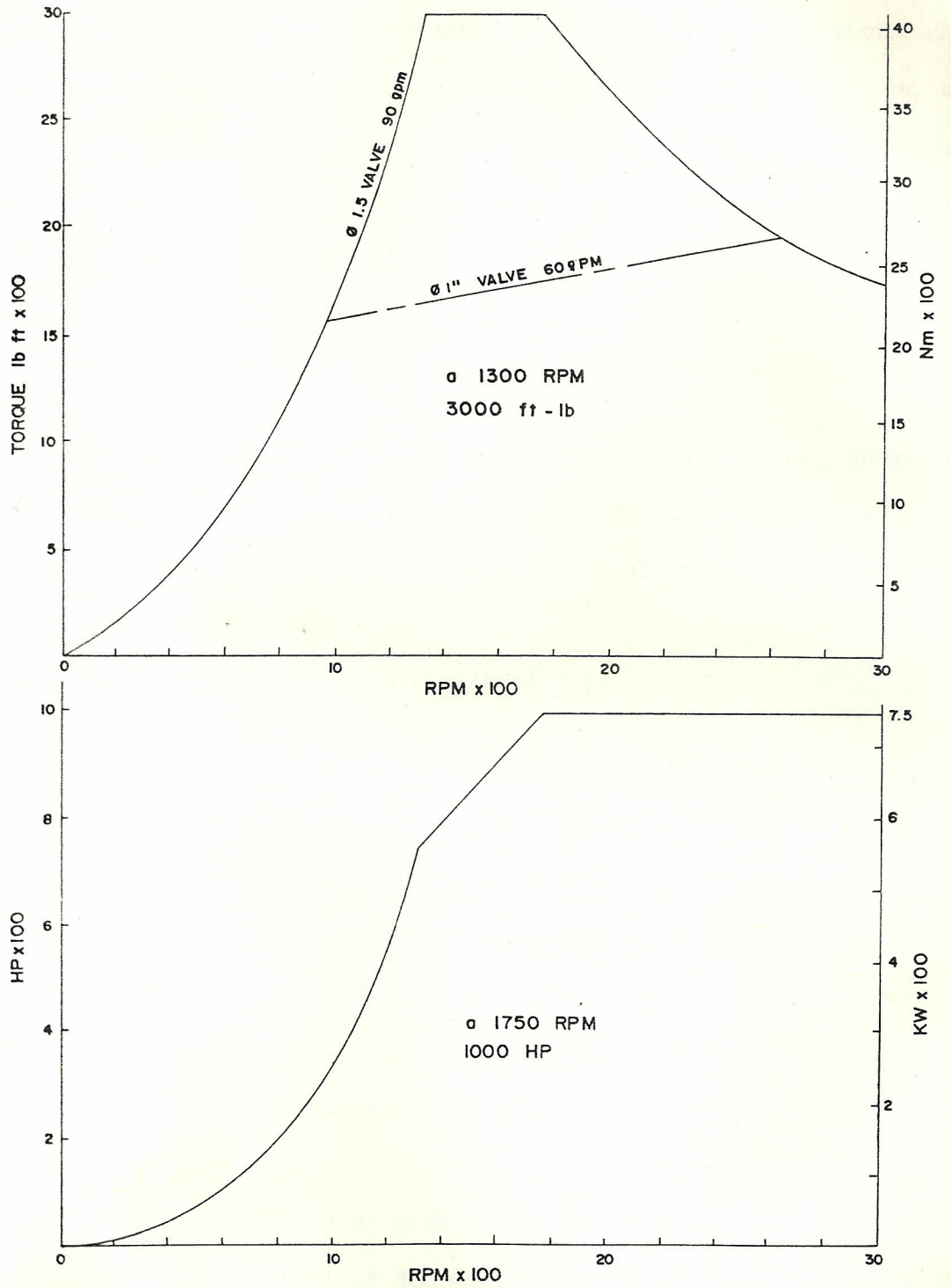


Fig. 2-2

Entre los equipos auxiliares tenemos los acoples para los diferentes volantes, columna de enfriamiento que sustituye al radiador con sus respectivas mangueras y acoples, sistema de instrumentación, el SF-730, palanca para calibración del torque, válvula de control del flujo, extractor de aire y bomba para la alimentación del agua al dinámometro.

2.3 LOCALIZACION DEL LABORATORIO DENTRO DEL EDIFICIO

El laboratorio debe encontrarse lejos de las oficinas principales por efectos del control del ruido; en la ruta de flujo de las máquinas, entre el ensamblaje y la entrada recepción. Fig. 2-3.

2.4 ARREGLO DEL LOCAL PARA EL LABORATORIO

A. Localización de la instrumentación y controles

Los controles e instrumentación del dinámometro deben estar ubicados fuera de las instalaciones del laboratorio para proteger al operador de los altos niveles de ruido y por seguridad ante cualquier desperfecto en el motor. El área de control estará localizada en una esquina adyacente a las puertas de acceso a la máquina como se aprecia en la Fig. 2-4.

B. Diseño del área de control del operador

El área de control del operador se ha diseñado con una puerta personal para la entrada directa al laboratorio, una ventana de observación con vidrios templados con un ángulo apropiado para una

LOCALIZACION DEL LABORATORIO DENTRO DEL EDIFICIO

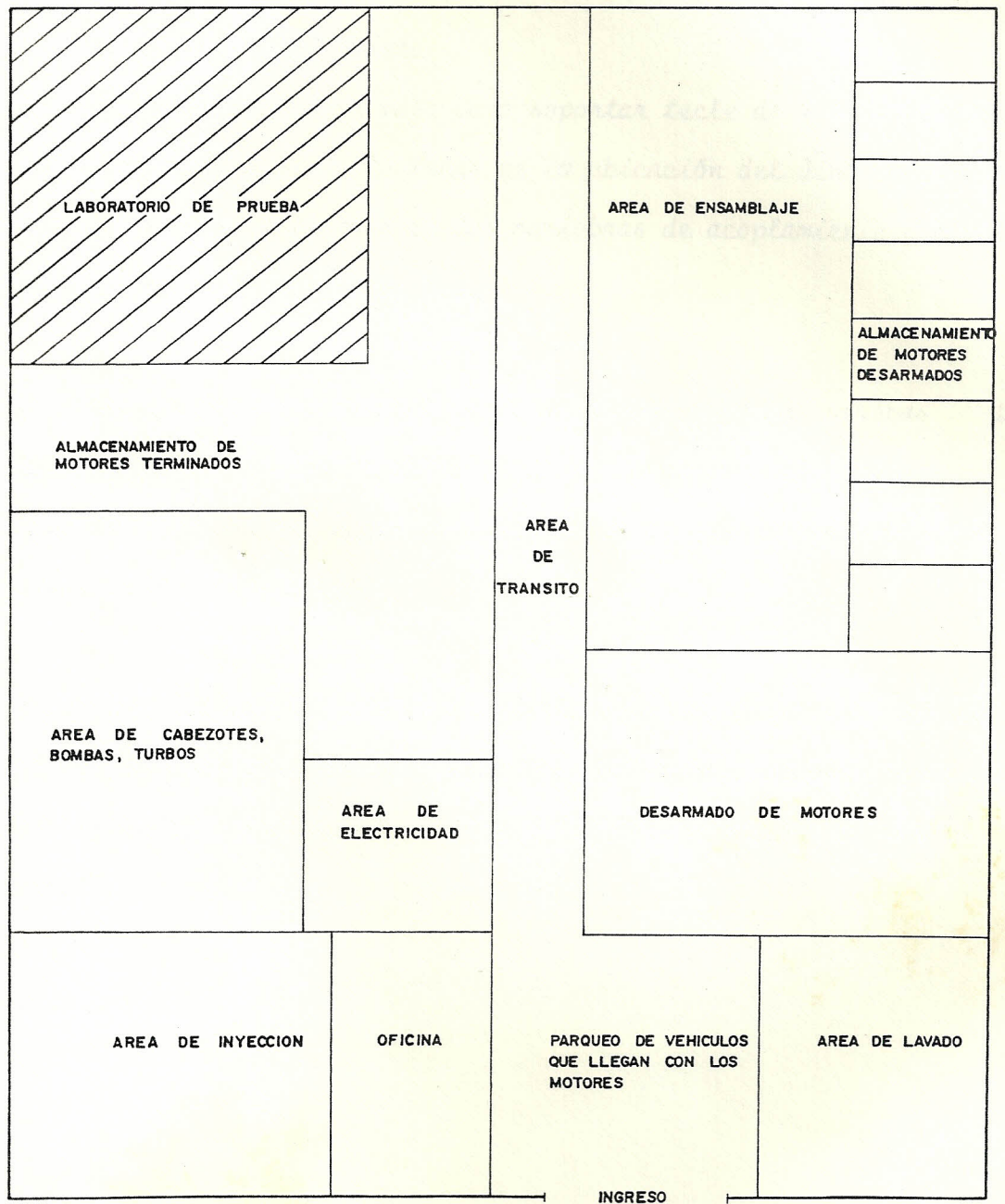


Fig. 2 - 3

mejor visibilidad y adecuación de consola para los instrumentos, tal como se muestra en la Fig. 2-5.

C. Tecler en el cuarto

Se construyó la viga para soportar tecler de 2 ton. el mismo que va a movilizarse a lo largo de la ubicación del dinámometro y motor para ser utilizados en las maniobras de acoplamiento y ajuste como se aprecia en la Fig. 2-6.

Este cuarto debe ser completamente utilizado para las pruebas de las máquinas. Si una de ellas falla en la prueba del dinámometro esta se retirará del lugar para repararla de tal modo que otra máquina pueda ser probada.

El cuarto del laboratorio se ha diseñado de tal forma que haya espacio suficiente para perchas, soportes, mangueras, acoples, caja de herramientas, limpiadores de aire portátiles y columna de enfriamiento.

LOCALIZACION DEL AREA DE CONTROL

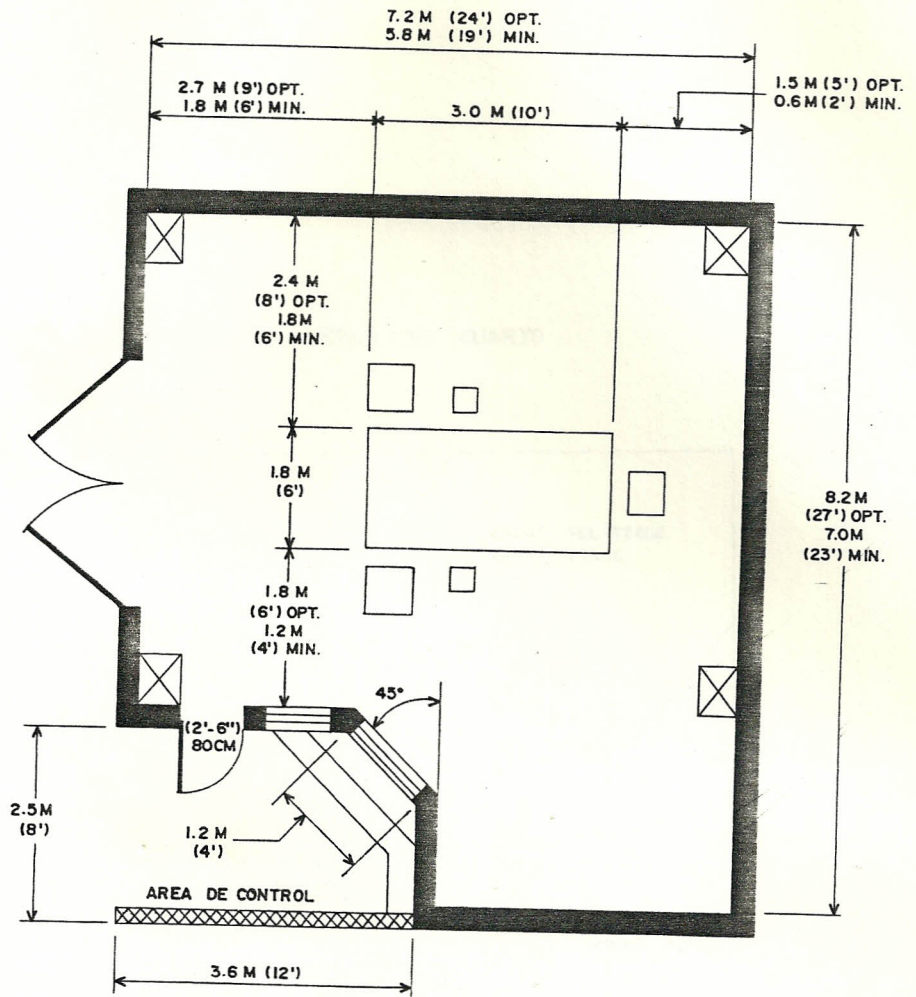
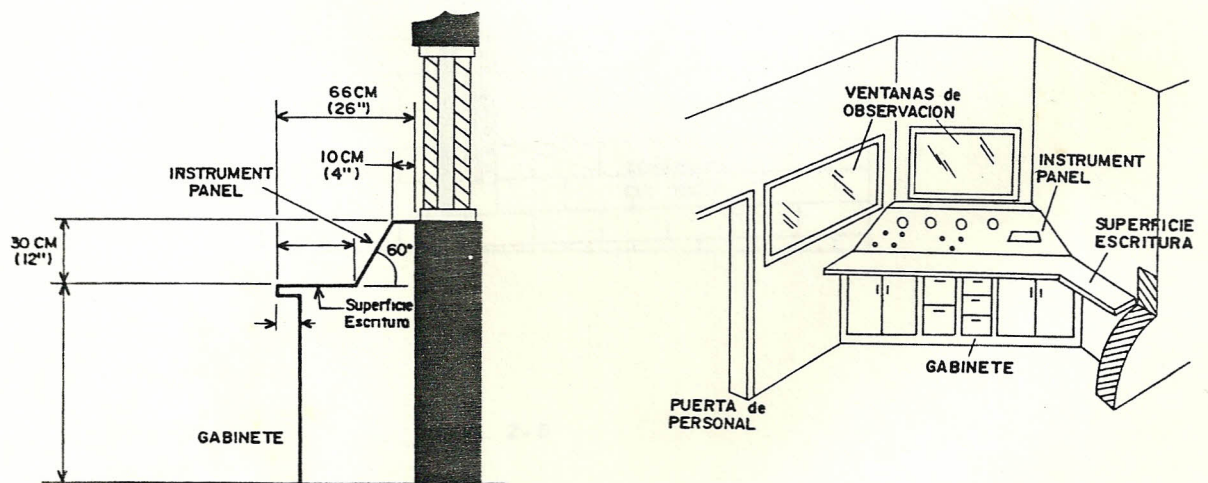


Fig. 2-4



DIMENSIONES DEL AREA DE CONTROL

Fig. 2-5

TECLES DENTRO DEL CUARTO

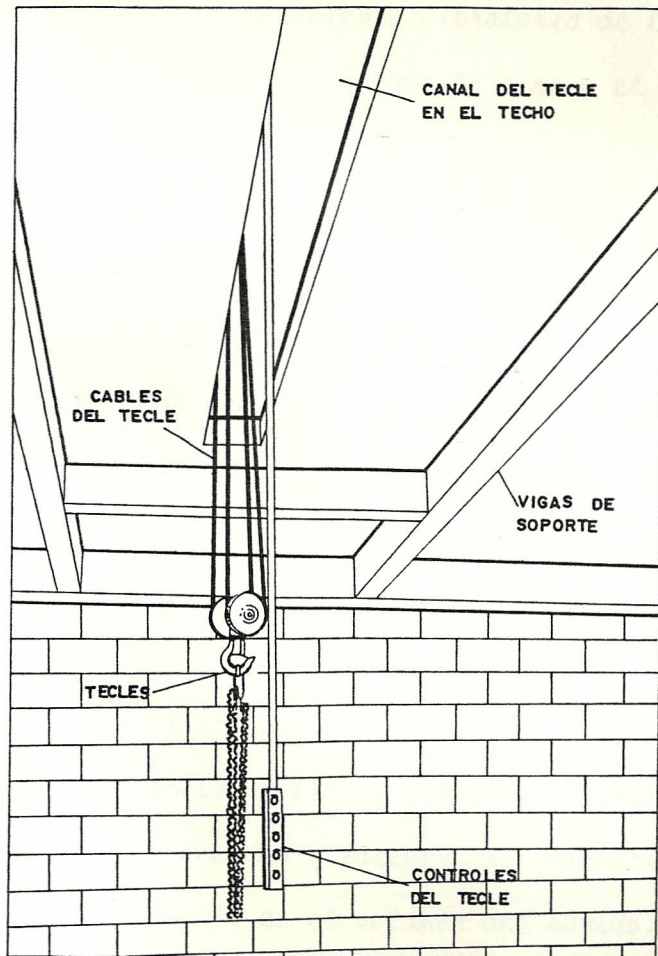


Fig. 2-6

3.1 CONTROL DE SONIDO

El cuarto del laboratorio estará aislado acústicamente, esto es, debe impedir que los sonidos se propaguen de un lado a otro, o por lo menos, que al transmitirse pierdan la mayor parte de su intensidad. El sonido puede definirse como la sensación que produce en el órgano del oído el movimiento vibratorio de los cuerpos transmitido por un medio elástico tal como el aire y el agua. Los cuerpos que producen sonido vibran.

Cuando se considera el control del sonido para el cuarto del dinámometro, dos términos son usados frecuentemente para describir la cantidad del mismo, estos son: lecturas del control del sonido en DBA y STC nominal. Estos términos son independientes el uno del otro y no pueden ser comparados. Lo siguiente es una breve descripción de cada uno de estos parámetros.

DBA Lecturas del nivel del sonido son lecturas del medidor del nivel de sonido en decibeles (DBA), los cuales definen lo alto del mismo basado en su intensidad y frecuencia. Mientras mas baja es la lectura en DBA mas bajo es el volumen del sonido. El máximo nivel de ruido a lo largo del perímetro exterior del cuarto del dinámometro debe ser de 85 DBA.

STC Clase de transmisión de sonido es un número que compara la habilidad de varias unidades para reducir la transmisión del sonido. In

dica cuales unidades son mejores aisladores cuando se compara las diferentes clases de unidades (incluyendo clases de materiales , construcción y espesor) para efectos de paredes, techos, ventanas y puertas. Esto se puede analizar de acuerdo a la Tabla I. Mientras mayor es el STC, mayor es la capacidad de control del sonido. El valor típico del STC requerido para un cuarto de dinámometro es de aproximadamente 50 para alcanzar los requerimientos en DBA.

Para lograr estos niveles de sonido fuera del cuarto del dinámometro, se ha diseñado el mismo previniendo todas las fugas de sonido como a continuación se detalla.

Se han sellado todos los conductos que penetran a las paredes, el techo y los pisos aislados, puertas y ventanas empaquetadas por los cuatro costados.

Las paredes fueron cuidadosamente trabajadas, las uniones herméticamente selladas y dos capas de pintura de sellado en ambos lados. La construcción de la pared es doble dividida por un espacio de aire muerto de 4" para prevenir la transferencia de sonido entre las dos paredes.

El tumbado es doble con parches aislantes de yeso colocados mediante perfiles especiales de aluminio. Una de las características de estas paredes es la anulación de resonancia debido a su elevado grado de absorción del sonido.

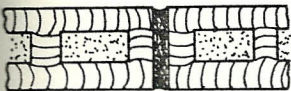
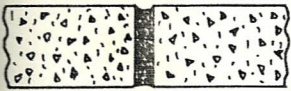


TIPO DE CONSTRUCCION DE LA PARED	ANCHO DEL MATERIAL	PESO Kg / m ² (lb/ft ²)	PARED SIMPLE STC NORMAL	PARED DOBLE ESPACIO DE AIRE MUERTO. STC NORMAL
BLOQUE DE CONCRETO DE NUCLEO HUECO LLENO DE ARENA 	20 cm (8")	270 Kg (55 lbs.)	48	63
	30 cm (12")	390 Kg (80 lbs.)	53	68
BLOQUE DE CONCRETO SOLIDO 	20 cm (8")	390 Kg (80 lbs.)	49	64
	30 cm (12")	610 Kg (125 lbs)	54	69
CONCRETO SOLIDO 	20 cm (8")	465 Kg (95 lbs)	51	66
	30 cm (12")	710 Kg (145 lbs)	56	71
LADRILLO 	20 cm (8")	390 Kg (80 lbs.)	49	64
	30 cm (12")	440 Kg (90 lbs.)	54	69

Tabla I

Las puertas son dobles tanto las del personal como las de acceso a las máquinas, estas son empaquetadas por los cuatro lados, rellenas en su parte interna con material aislante no combustible.

Con respecto a la ventana de observación esta debe ser resistente a los impactos. Son utilizados dos vidrios templados con un espacio de aire entre los dos para evitar la transferencia de sonido.

Con este diseño del cuarto para prevenir el paso del sonido se obtuvieron niveles fuera del mismo, de 40 DBA, nivel normal para realizar cualquier trabajo sin que afecte la influencia del ruido.

3.2 SISTEMA BASICO DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR Y BANCO DE PRUEBAS

El sistema de agua es suministrado para el enfriamiento tanto para el dinámometro como para el motor que está siendo probado.

Disposición básica de cañerías

La Fig. 3-1 muestra el esquema básico de disposición de cañerías requerido para el sistema de agua, máquina del dinámometro.

Se ha implementado un sistema económico de operar mediante la construcción de dos cisternas, la una alimentada directamente con agua de la ciudad y la otra de recuperación con la suficiente capacidad para trabajar dos horas continuas en la prueba de un motor.

SISTEMA DE AGUA PARA DINAMOMETRO

90 GPM a 30 PSI

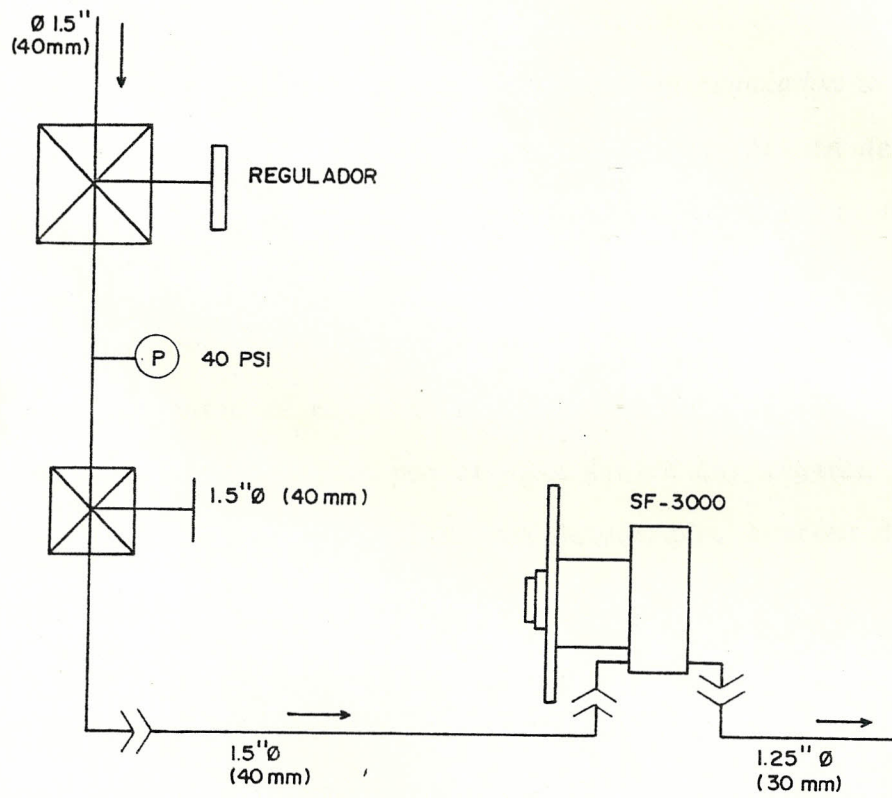


Fig. 3-1

Los volúmenes de agua que se manejan son de alrededor 570 litros por minuto a una presión de 40 psi para lo cual se ha seleccionado una bomba que cumpla con estos requerimientos:

Bomba marca Goulds modelo 3656 de 1 1/2" x 2" x 6 a 3500 RPM; que da 600 litros/minuto a 40 psi.

La presión del agua es regulable mediante un regulador de 0 - 100 psi, además el flujo se lo regula mediante una válvula de globo ubicada en la misma línea de entrada como se muestra en la Fig. 3-1.

El agua que entra al dinámometro sale directamente a la cisterna. El agua que entra al motor sale y pasa por una columna de enfriamiento, donde es enfriada por el agua fresca que ingresa directamente a esta columna y regulada por termostato, similar a las funciones de un radiador del motor.

Las líneas del agua para el dinámometro como para el motor, son mangueras a fin de reducir la vibración y permitir un ligero movimiento rotacional del dinámometro.

3.3 SISTEMA DE RECUPERACION DE AGUA

Por lo general el agua caliente que sale del dinámometro y motor es bombeada a través de un intercambiador de calor y, enfriada retorna a la cisterna, luego es bombeada al dinámometro y motor completándose un circuito cerrado.

En nuestro caso se procedió a construir dos cisternas grandes con capacidad de 100.000 litros cada una y de 15 x 15 x 12 pies, comunicadas entre si por la parte superior lo cual se analiza en la Fig. 3-2.

La bomba succiona de una de las cisternas, la que debe mantenerse llena y retornar a la otra que se encuentra solo los 3/4 con agua. Llegará un momento que la cantidad de agua en la cisterna de retorno se encuentre pasando a la otra de donde se succiona para la prueba y la misma se encontrará fresca por tener un gran volumen de agua, además de esta manera puedo garantizar no quedarme sin agua en los equipos.

La bomba puede succionar de una cisterna como de otra mediante un bypass con dos llaves de paso rápido. Por lo general una prueba de motor dura aproximadamente una hora y entre la prueba de un motor y otro, en acondicionar y retirar el ya probado se toma de dos a tres horas que es un tiempo prudente para que el agua llegue a una temperatura que no perjudique el enfriamiento de los equipos.

El agua que se consume por evaporación se recupera directamente de la línea de agua de la ciudad.

3.4 SISTEMA DE VENTILACION Y ESCAPE

Los sistemas de ventilación y escape deben ser capaces de:

SISTEMA DE RECUPERACION DEL AGUA EN LAS CISTERNAS

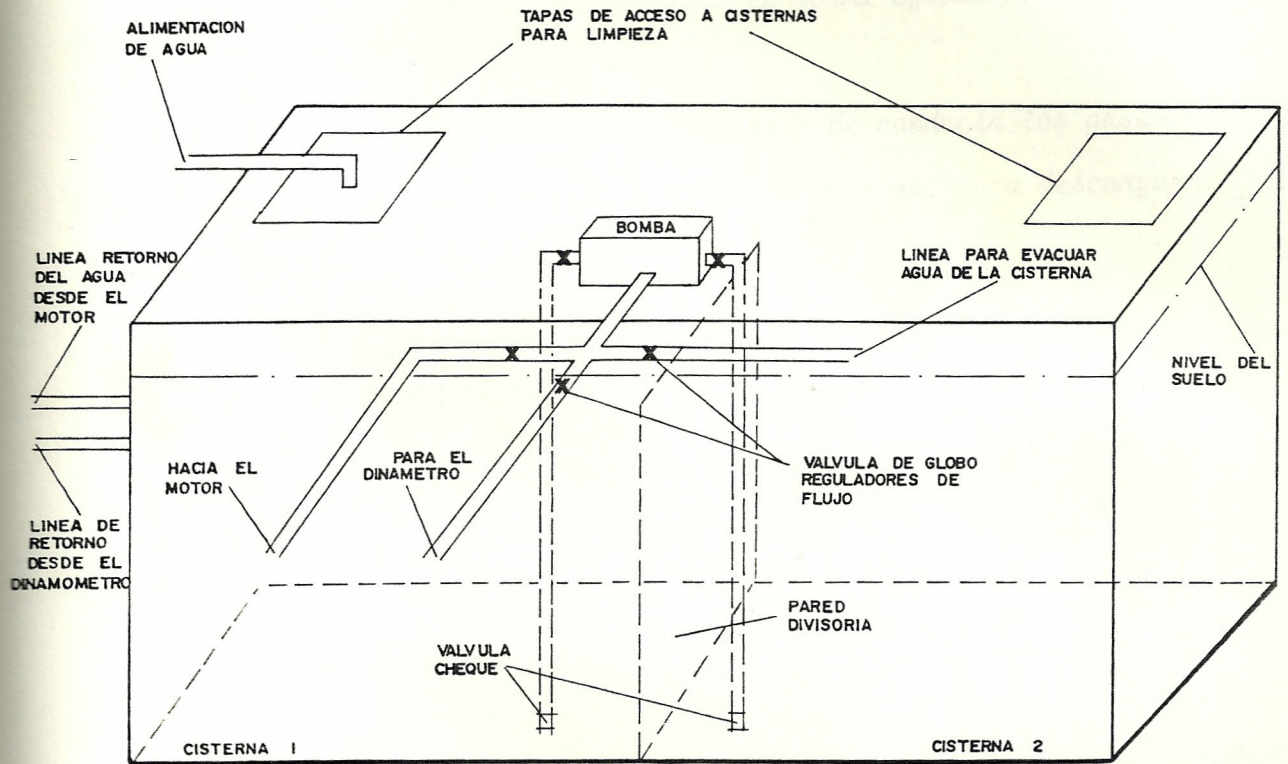


Fig. 3-2

1. Proporcionar un medio ambiente que permita a la máquina y al equipo funcionar correctamente, proveer del aire suficiente para la combustión de la máquina.
2. Proporcionar un medio ambiente en el cual el personal pueda trabajar con comodidad y por lo tanto en forma efectiva.
3. El sistema de escape debe ser capaz de conducir los gases del escape del motor, con una contrapresión mínima, para descargarlos a la atmósfera.

Hay dos tipos de sistemas de ventilación y escape : un sistema de campana y un sistema de ductos, nosotros utilizamos el sistema de campana ya que es el mas sencillo porque no requiere de acoples a la máquina, reduciendo por lo tanto el trabajo y los tiempos de prueba.

Como se muestra en la Fig. 3-3 el aire ingresa al cuarto del dinamómetro por medio de ductos y por diferencia de presiones , el aire del escape y del cuarto es extraído mediante un extractor.

Sistema de suministro de aire

Un motor a diesel consume grandes cantidades de aire y requiere que el aire llegue a la admisión con un mínimo de restricción.

SISTEMA DE VENTILACION Y ESCAPE

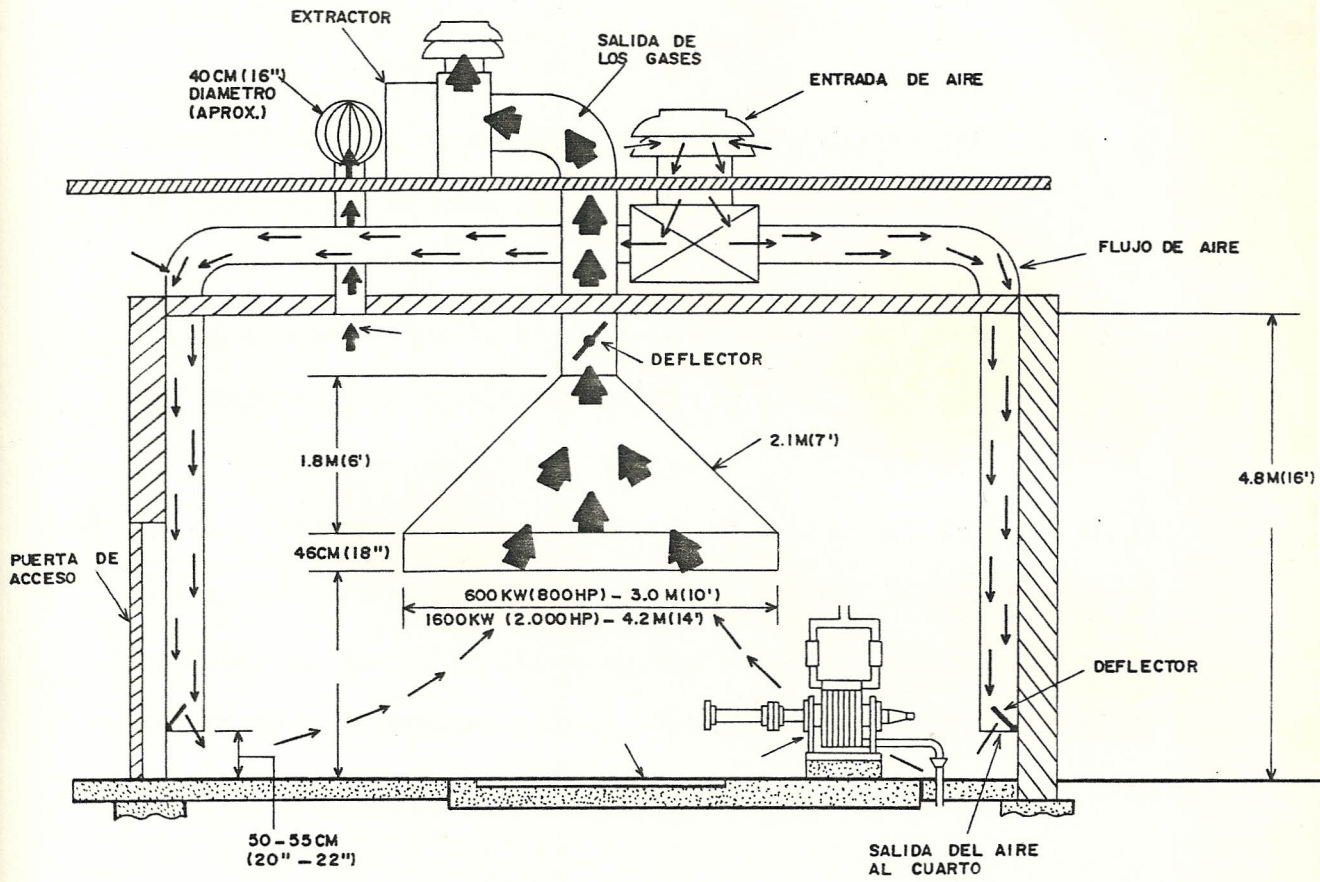


Fig. 3-3

Para prevenir la liberación de calor, ruido, vapores y humos en otras áreas fuera del cuarto, la presión de aire de este debe ser mantenida en 0.25 Kpa (1") de agua menor que la presión atmosférica.

Este diferencial de presión entre fuera y dentro del cuarto; origina una succión de aire dentro del mismo.

El aire debe entrar al nivel del piso cerca de todas las esquinas del cuarto. Como se muestra en la Fig. 3-3.

El aire ingresa al cuarto mediante el sistema de ductos. La salida del aire debe ser de 20 a 22 pulg. del piso. Esta dimensión es importante ya que si la salida es muy alta el aire no filtrará a través de toda la máquina y si es demasiado baja el flujo de aire se restringirá. Las entradas de aire están ubicadas sobre el techo .
Fig. 3-4.

Una regla general para estimar la cantidad mínima de aire necesaria para obtener una temperatura confortable en la sala de máquinas es proporcionar aproximadamente la misma cantidad de aire de ventilación que el flujo de escape del motor.

Un método de calcular la cantidad de aire necesario para alcanzar la temperatura determinada de aire caliente extraído de la sala de máquinas es mediante la fórmula:

SISTEMA DE SUMINISTRO DE AIRE

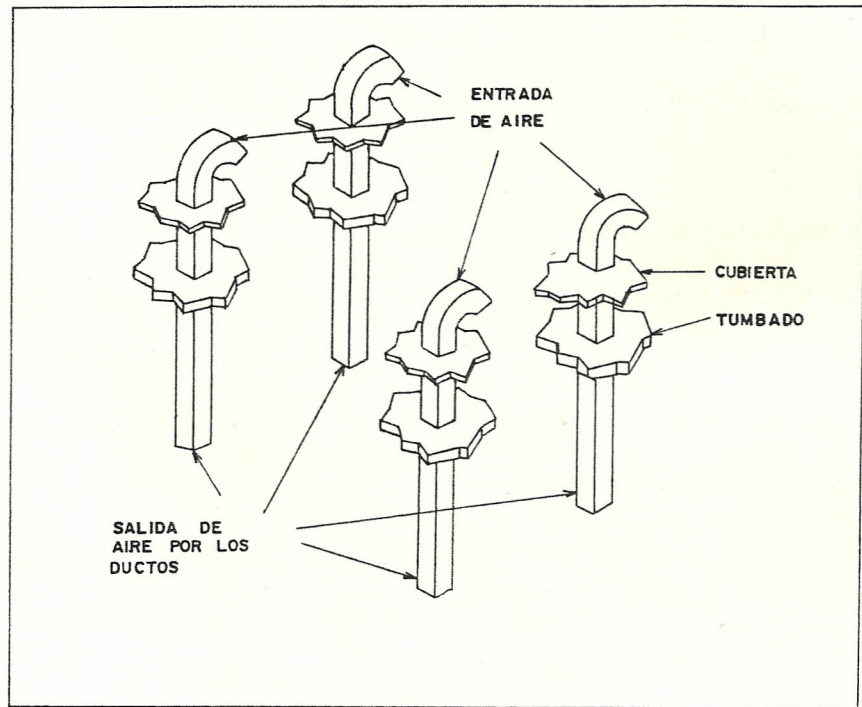


Fig. 3-4

$$C = \frac{H}{0.24 W T_r}$$

en donde:

C = pie^3/min de aire de ventilación

H = Calor total (BTU/min) liberados en la sala de máquinas por el motor a la temperatura máxima deseada (Véase la Tabla II - Transmisión de calor a la atmósfera).

W = Peso específico (lb/pie^3) del aire a la temperatura ambiente en el exterior (Véase la Tabla III - Peso específico del aire a diferentes temperaturas).

T_r = Máximo aumento deseado de temperatura en grados Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) a partir de la temperatura ambiente exterior y hasta alcanzar la temperatura del aire en el conducto de salida del aire de ventilación en el laboratorio.

Si tomamos como ejemplo un motor D379 turbo-alimentado que tiene una potencia nominal de 800 HP, tendremos:

$W = 0,073 \text{ lb}/\text{pie}^3$, peso específico del aire a 85°F obtenido por interpolación de la Tabla II.

$T_r = 120^{\circ}\text{F} - 85^{\circ}\text{F} = 28^{\circ}\text{F}$, temperatura del conducto de descarga menos la temperatura ambiente.

$H = 4650 \text{ BTU}/\text{min}$, obtenido de la Tabla III.

TRANSMISION DE CALOR A LA ATMOSFERA

BTU/min (Kcal/min) transferidos a diferentes temperaturas

Modelo del motor	29°C (85°F)	38°C (100°F)	46°C (115°F)
D330	230 (910)	195 (775)	160 (637)
D333	347 (1375)	295 (1170)	253 (963)
D334	416 (1650)	353 (1400)	290 (1150)
D336	530 (2100)	450 (1785)	370 (1470)
D342NA	416 (1650)	353 (1400)	290 (1150)
D342T	491 (1950)	418 (1660)	343 (1360)
D343	519 (2060)	441 (1750)	363 (1440)
D346	844 (3350)	718 (2850)	590 (2340)
D348	1273 (5050)	1084 (4300)	890 (3530)
D349	1724 (6840)	1464 (5810)	1207 (4790)
D353	877 (3480)	746 (2960)	615 (2440)
D379	1172 (4650)	995 (3950)	820 (3260)
D398	1761 (6990)	1500 (5950)	1235 (4900)
D399	2333 (9260)	1983 (7870)	1633 (6480)
3160	185 (735)	157 (625)	130 (515)

TABLA II

PESO ESPECIFICO DEL AIRE A DIFERENTES TEMPERATURAS							
°C	(°F)	kg/m ³	(lb/pie ³)	°C	(°F)	kg/m ³	(lb/pie ³)
-17,8	(0)	1,38	(0.086)	21,1	(70)	1,20	(0.075)
-12,2	(10)	1,35	(0.084)	26,7	(80)	1,19	(0.074)
-6,7	(20)	1,33	(0.083)	32,2	(90)	1,15	(0.072)
-1,1	(30)	1,30	(0.081)	38	(100)	1,14	(0.071)
4,4	(40)	1,27	(0.079)	43	(110)	1,12	(0.070)
10,0	(50)	1,25	(0.078)	49	(120)	1,09	(0.068)
15,6	(60)	1,22	(0.076)	54	(130)	1,07	(0.067)

TABLA III

Por lo tanto:

$$C = \frac{4650}{0.24 (0.073) (28)}$$

$$C = 9478,9 \text{ pie}^3/\text{min de aire de ventilación.}$$

Entonces, para un motor de potencia nominal 800 HP bajo las condiciones especificadas, la cantidad de aire de ventilación necesario es de 10.000 pie^3/min aproximadamente.

Como la velocidad del flujo de aire del sistema de ventilación y escape debe estar bajo los 20 pie/seg para prevenir el ruido excesivo, necesitamos un extractor que nos de aproximadamente 10.000 pie^3/min a una velocidad del aire de 16 pie/seg .

Considerando estos parámetros, calcularemos el área que debe tener el ducto de salida, partiendo de la fórmula :

$$Q = V \times A$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{10.000}{60 \times 16} = 10.4 \text{ pie}^2$$

El área del ducto de salida debe ser 10.4 pie^2 . Para la entrada del aire necesitamos ductos que tengan una área total superior a los 10.4 pie^2 , tomamos una área de 12 pie^2 compartida en cuatro

ductos de área 3 pie^2 cada uno.

Selección de la campana de escape

La campana debe tener lados que vayan disminuyendo gradualmente hasta llegar al ducto del escape. Las esquinas y los cambios bruscos en ángulo pueden originar un flujo de aire turbulento.

El ancho de la campana debe ser el doble del ancho del ducto, esto es, 6.5 pies y esta debe encontrarse centrada sobre toda la ruta de la máquina. Ver Fig. 3-5.

CAMPANA DE ESCAPE

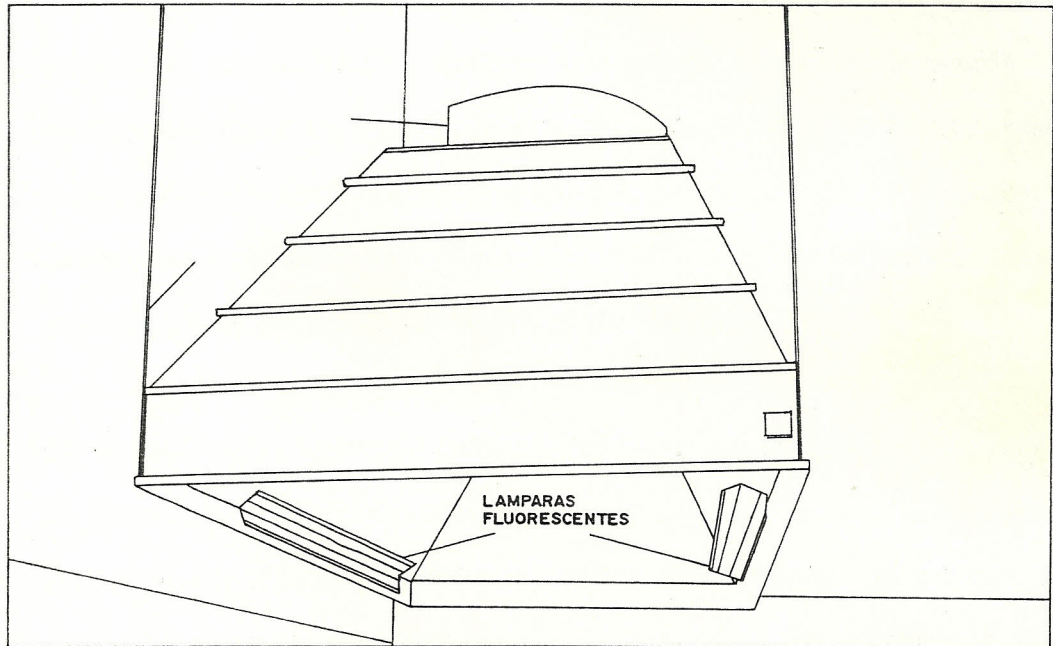


Fig. 3-5

3.5 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

La localización del sistema de combustible de la máquina que se prueba puede estar en cualquier lado de la misma, dependiendo del modelo del tanque de combustible se utilizan acoples y mangueras flexibles de suficiente longitud para cubrir todos los modelos.

Las conexiones de acople de combustible se dividen en dos : suministro de combustible y retorno del mismo. En cada conexión de combustible hay un acople de desconexión rápida. Nosotros hemos simplificado este sistema y utilizado un tanque de 60 galones de capacidad montado en la pared del cuarto del dinámometro, situado a una altura de 5.5 pies de la parte inferior.

El interior del tanque contiene tabiques divisorios para prevenir la aereación del combustible en las entradas del tanque de suministro y de las líneas de retorno, estas deben entrar al tanque por la parte superior lo cual ayuda a purgar de aire al combustible. La alimentación de combustible al tanque se hace por la parte superior mediante una bomba auxiliar.

En la parte externa del tanque hay un indicador de nivel el mismo que tiene escala en galones . Antes de iniciar cada prueba se determina el nivel que tiene terminada la cual se obtiene el consumo de combustible en cualquier momento de la prueba. Fig. 3-6.

TANQUE DE COMBUSTIBLE

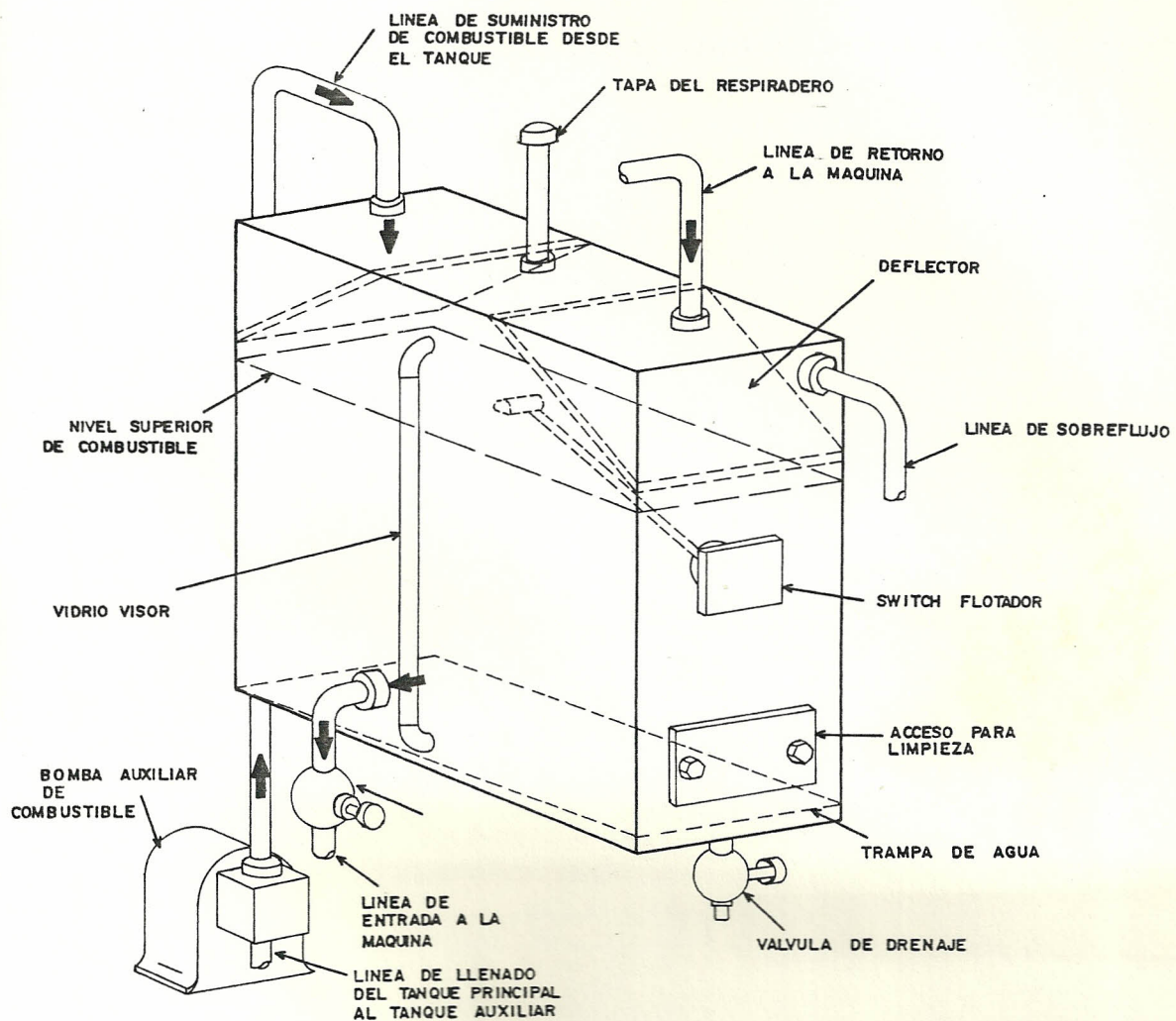
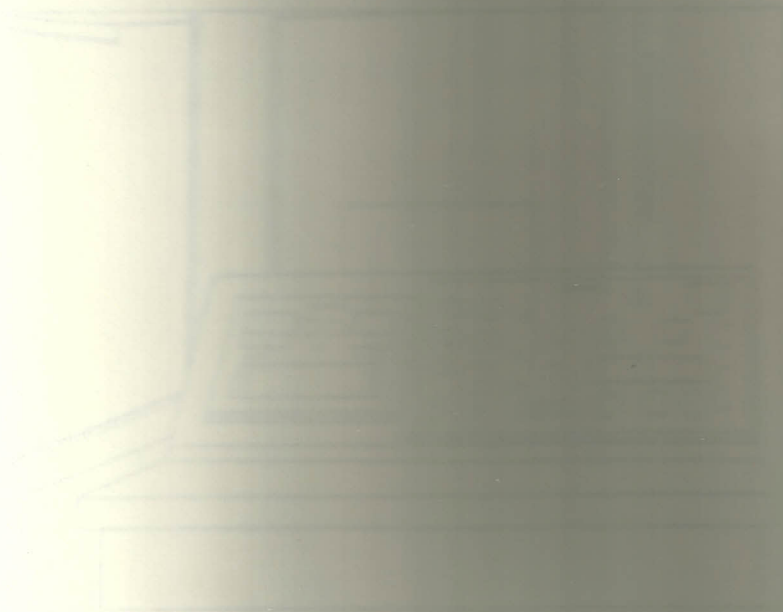


Fig. 3-6

3.6 PANEL DE INSTRUMENTOS Y CONTROL

Las medidas análogicas y digitales son el método más común para medir el rendimiento del motor. La Fig. 3-7 muestra el arreglo de la instrumentación.



PANEL DE INSTRUMENTOS

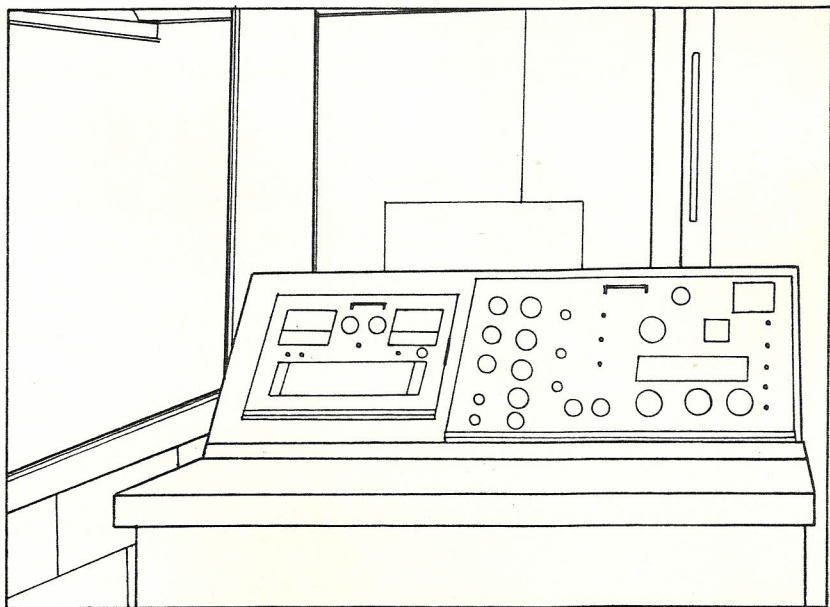


Fig. 3-7

Especificaciones de la instrumentación

Temperatura de escape

Rango 0 a 1500°F

Precisión $\pm 25^\circ\text{F}$

Entradas 2 - manifold izquierdo y derecho

Temperatura del aire de entrada

Rango 0 a 150°F

Precisión $\pm 2^\circ\text{F}$

Entradas 2 - manifold izquierdo y derecho

Temperatura de combustible

Rango 0 a 150°F

Precisión $\pm 2^\circ\text{F}$

Entradas 1

Temperatura del agua del sistema de enfriamiento

Rango 32 a 300°F

Precisión $\pm 2^\circ\text{F}$

Entradas 2 - entrada y salida del enfriador

Presión del múltiple

Rango 0 a 75 pulg. de Hg

Precisión ± 0.2 pulg. de Hg

Entradas 2 - múltiple izquierdo y derecho

Presión diferencial de aire (restricción de la entrada)

Rango 0 a 50 pulg. de H₂O

Precisión \pm 0.5 pulg. de H₂O

Entradas 2 - admisión izquierda y derecha

Presión de combustible

Rango 0 a 60 psí

Precisión 1 psí

Entrada 1

Presión de aceite

Rango 0 a 100 psí

Precisión 1 psí

Entrada 1 requerida

La potencia del motor y las revoluciones las da directamente el dinámometro, registrándose estas valores en la pantalla del SF - 730.

Los controles para arranque, parada y aceleración del motor se los puede hacer desde fuera de la consola de instrumentación o del panel de instrumentos que se tienen dentro del área de pruebas.

3.7 SISTEMA DE SEGURIDAD

Todos los laboratorios de prueba deben tener un sistema dual para parada de los motores por emergencia.

En este caso se ha provisto de un switch de activación tanto para el cuarto como en el área de control del operador. El sistema de seguridad está diseñado para controlar la marcha de la máquina y a veces puede ser necesario parar toda la unidad del dinámometro.

Existen algunos métodos para detener la máquina:

Un método es el de interrumpir el aire de la combustión, esto es difícil porque cada máquina requiere de una conexión diferente a la entrada del sistema por lo tanto no la utilizamos.

El método por nosotros utilizado es el de dirigir CO_2 a las entradas de aire.

Otra opción que tenemos es cerrar el paso del combustible pero tampoco es el método mas conveniente.

Existen además alarmas y dispositivos automáticos de parada. Así tenemos:

Alarma por alta temperatura del agua

Alarma por alta temperatura del aceite.

Parada automática por baja presión de aceite.

El cuarto del dinámometro tiene una protección contra incendios y un sistema de alarma por separado, ya que al origen de cualquier incendio sea por aceite, diesel, etc., el sistema del dióxido de carbono debe ser usado.

Cuando sucede esto hay un dispositivo que se acciona para apagar los ventiladores y evitar así que el CO₂ sea sacado del cuarto.

4.1 PREPARACION DEL MOTOR

Las operaciones a realizarse dentro del cuarto de pruebas son las siguientes:

Alineación y conexión de la máquina al eje del dinámometro, prueba de la máquina, reparaciones menores y/o ajustes en caso de ser necesario, y, desconexión de la máquina

Para la realización de las diferentes operaciones el motor es ingresado al cuarto y se procede a efectuar las conexiones apropiadas las cuales enumeramos a continuación :

- 1) Puntos de obtención de la presión de aceite
- 2) Puntos de presión de entrada al múltiple
- 3) Punto de presión de combustible
- 4) Punto de prelubricación
- 5) Suministro de aire
- 6) Enfriamiento de máquina
- 7) Sistema de escape
- 8) Suministro de combustible
- 9) Sistema de arranque
- 10) Termistores de temperatura

El acoplamiento del motor al dinámometro se lo efectúa mediante unos adaptadores tipo placas que son fijadas al volante. Seleccionada la placa correcta se procede a fijar la misma con los pernos a-

decuados. Sobre la placa va el acoplamiento y se ajusta los pernos a un torque de 60 lb-pie. Ver Figs. 4-1a y 4-1b.

Se cubre los dientes del acoplamiento del engranaje con grasa y acoplamos el muñón del dinámometro a la caja del volante con seis pernos.

Una vez realizado este acoplamiento deslizamos el módulo que absorbe el torque en el núcleo del muñón hasta que los dientes del engranaje de acoplamiento estén encajados y asegurados.

Finalmente, conectamos las mangueras de entrada y salida de agua así como los cables del par motor y de velocidad al tomacorriente en el muñón.

4.2 PROGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR

Antes de encender la máquina chequeamos la operación del regulador. Movemos el control del gobernador de la posición OFF a ON, y nos aseguramos de que la cremallera no esté atascada, es importante observar que la máquina no debe operar con el regulador desconectado.

Prelubricamos el motor usando una bomba apropiada para el efecto. Le damos vuelta al motor con el control del regulador en posición OFF hasta que se obtiene presión de aceite y no se debe encender__

ACOPLAMIENTO DEL DINAMOMETRO

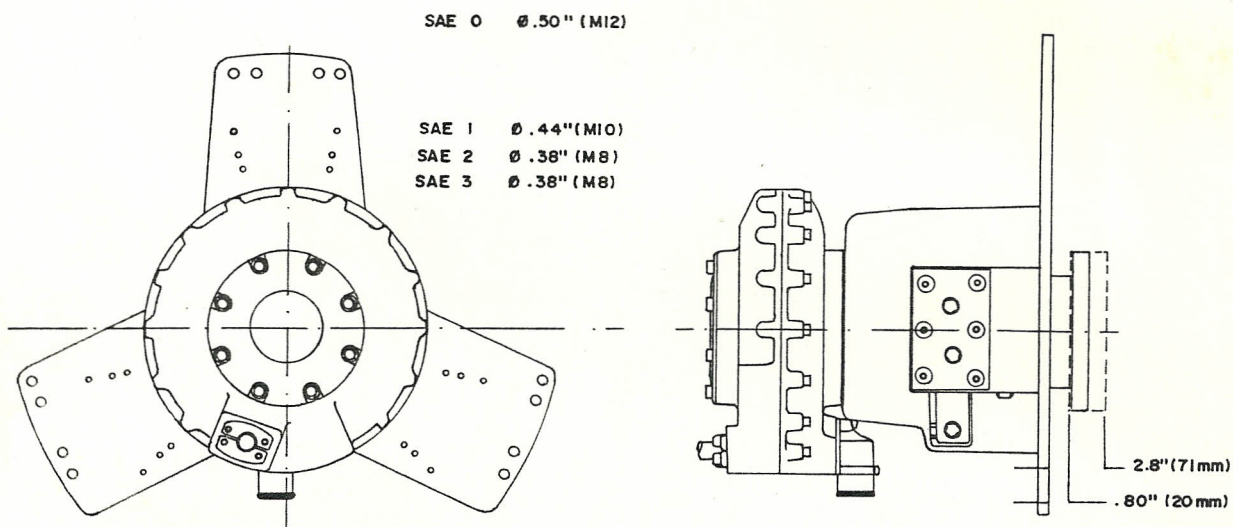
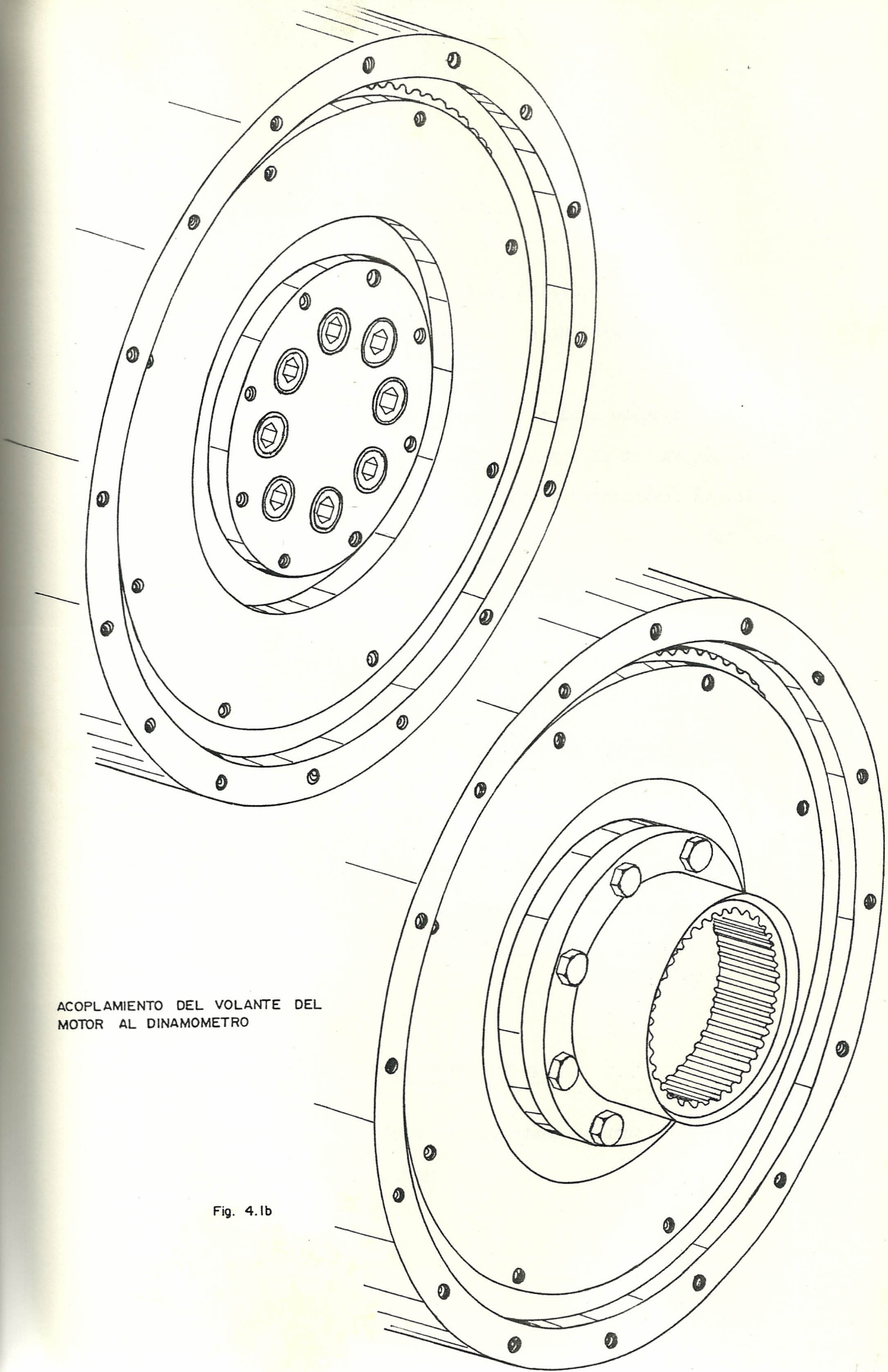


Fig. 4.1a



ACOPLAMIENTO DEL VOLANTE DEL MOTOR AL DINAMOMETRO

Fig. 4.1b

la máquina mientras no se la tenga.

Una vez que se chequea fugas de agua, aceite, combustible y todas las conexiones hechas se procede de la siguiente manera:

- 1) Arranque de motor y prueba de vacío a baja velocidad por 10 minutos. Se chequea por si hubiera fugas de aceite, combustible o agua y hacemos las correcciones necesarias. Registramos los datos en la hoja de prueba del dinámometro, tal como se muestra en la Tabla --:
- 2) Ajustamos luego la velocidad del motor y luego el dinámometro de tal modo que la máquina trabaje a media carga a una velocidad de $3/4$, es decir $3/4$ de la velocidad nominal del motor a la mitad de los HP.
- 3) Llevamos el motor y dinámometro a la velocidad nominal y a plena carga, lo hacemos funcionar por 30 minutos antes de hacer los chequeos finales. Registramos los datos en la hoja de pruebas.

4.3 PROCEDIMIENTO DE BALANCEO DEL MOTOR

Los parámetros que deben ser ajustado de acuerdo a especificaciones del rack setting son:

HOJA DE PRUEBA EN DINAMOMETRO

CLIENTE _____

MODELO _____

ARREGLO _____

O/T _____

FECHA _____

SERIE _____

PRUEBA No. _____

ESPECIFICACIONES :

RPM ALTA VACIO _____ PRESION ACEITE _____ PRESION TURBO _____ FULL CARGA BHP _____ RELACION R/F _____
 RPM BAJA VACIO _____ TEMP. ACEITE _____ TEMP. GAS ESCAPE _____ FULL CARGA RPM _____ RPM TORQUE _____
 RACK SET. _____ PRESION COMB. _____ TEMP. AIRE ADMISION N.1 _____ TEMP. MULT. ADMISION .3 _____ TORQUE _____
 TEMP. AGUA CAMISAS .2 _____ TEMP. AGUA A/C. 4 _____ CONSUMO COMB. _____

RPM BALANCE _____ BHP BALANCE _____ BHP DIF. _____

MOTOR FUNCIONANDO

API COMB. _____

TEMP. AIRE _____

PRESION BAROM. _____

PROBADO POR _____

SUPERV. POR _____

. 1 .

. 2 .

. 3 .

. 4 .

ETAPA	RPM MOTOR	BHP	PSI COMB.	ACEITE		TEMP. AIRE TUR	PRES. TURBO		TEMP. MUL. ADM.		TEMP. MUL. ADM.		TEMP. AG. A/C.	TEMP. ESCAPE		CONS. COMB.	BHP CORR.
				PSI.	TEMP.		I	D	ENT.	SAL.	I	D		I	D		
BAJA VACIO - 10 MIN -																	
CARGA PARCIAL 1/2 HP 3/4 RPM - 15MIN-																	
FULL CARGA - 30 MIN -																	

Tabla. IV

- a) Las bajas revoluciones por minuto (rpm) en vacío
- b) Las altas revoluciones por minuto (rpm) en vacío
- c) RPM nominales a full carga
- d) Cremallera punto de inyección

El gobernador controla las revoluciones del motor conforme a la carga por medio del mecanismo de resorte y contrapesas que se conecta a la cremallera, controlando el ingreso de combustible automáticamente.

El resorte tiene una constante que controla la caída de las revoluciones del motor, desde las RPM altas en vacío hasta las RPM de plena carga.

En el momento que se inicia la inspección para cada cilindro, está controlado por la sincronización del eje de levas de la caja de bombas con el cigueñal del motor y como consecuencia con el punto muerto superior de cada cilindro.

El tiempo de duración de la inyección está determinado por la carrera vertical de los émbolos de las bombas individuales. Esta carrera es regulable y se mide con relación a la base maquinada de las bombas con un micrómetro de profundidad. Cuando el cilindro respectivo está recibiendo la inyección el fabricante proporciona los valores respectivos para cada modelo.

Todos estos ajustes deben ser realizados para obtener un balanceo correcto del motor.

4.4 CHEQUEO FINAL DE FUNCIONAMIENTO

Las siguientes inspecciones deben hacerse por parte del operador del dinámometro o inspector a la terminación de la prueba del motor.

- Chequeo del nivel de aceite del carter
- Chequeo de fugas de aceite, agua, combustible o aire.
- Chequeo de niveles excesivos, vibración o calentamiento no característico de las máquinas que están siendo probadas.
- Chequeo de una operación correcta de los controles y articulaciones.
- Chequeo del control de la relación aire/combustible
- Chequeo de la máquina a varias velocidades de operación.

Inspección visual final

Cuando la inspección esté completa, pare la máquina y chequee el ajuste correcto de todos los pernos, tuercas y ensamblaje de las partes externas.

Asegúrese de que no haya otros defectos que afecten la calidad de la reparación. Chequee y ajuste de ser necesario las correas del

ventilador, asegúrese de que las cubiertas de la válvula estén apropiadamente instaladas y ajustadas.

Tome una muestra de aceite para el análisis. Remueva los filtros de aceite, corte los bordes e inspeccione para ver si hay partículas de metal.

4.5 DETERMINACION DE LA POTENCIA AL FRENO

Los valores óptimos de funcionamiento que se indican en el libro de especificaciones del rack setting o microfichas, pueden variar dependiendo de ciertos factores presentes en el momento de la prueba, tales como :

- Temperatura del aire de admisión
- Densidad del combustible

La potencia debe corregirse según la densidad del combustible en los motores turboalimentados y post-enfriados tal como se indica en la Tabla VI.

En los motores turboalimentados sin enfriamiento del aire de admisión, la potencia debe corregirse según la temperatura de admisión del aire y la densidad del combustible, esto se muestra en la Tabla VII.

FACTORES DE CORRECCION DE COMBUSTIBLE

Gravedad API del Combustible Corregida a 16°C	Peso específico		Factor de Corrección	Tipo. gene ral de combust.
	kg/L a 16°C	lbs/U.S. galón a 16°C		
32	0.8654	7.206	0.9843	
33	0.8602	7.163	0.9894	
34	0.8550	7.119	0.9948	
35	0.8498	7.076	1.0000	
36	0.8448	7.034	1.0052	
37	0.8398	6.993	1.0106	
38	0.8348	6.951	1.0168	
39	0.8299	6.910	1.0232	
40	0.8251	6.870	1.0302	
41	0.8203	6.830	1.0379	
42	0.8155	6.790	1.0469	
43	0.8109	6.752	1.0582	
44	0.8063	6.713	1.0764	

TABLA V

FACTORES DE CORRECCION DE TEMPERATURA DE ADMISION DE AIRE			
Temp. °F	Temp. °F	Factor de Corrección	
		Mot. Cóm. Precombustión	Mot. Inyección Dié.
60	16	.988	.984
65	18	.990	.987
70	21	.993	.990
75	24	.995	.993
80	27	.998	.997
85	29	1.000	1.000
90	32	1.003	1.003
95	35	1.005	1.006
100	38	1.008	1.010
105	41	1.010	1.013
110	43	1.013	1.016
115	46	1.015	1.019
120	49	1.018	1.023

TABLA VI

Las especificaciones de potencia de los motores Caterpillar fueron obtenidas a una temperatura de 85°F del aire de admisión y con un combustible de 35°API a 60°F.

Muchas veces la razón de la baja entrega de potencia de los motores a diesel es el uso de un combustible liviano. La entrega de potencia del diesel es, en parte, el resultado de su contenido de calorías por galón (BTU = unidad térmica británica). El contenido de BTU por galón está en relación directa con la densidad (gravedad específica) del combustible. Al medir la gravedad específica del combustible en unidades API (American Petroleum Institute), puede hallarse el efecto de la densidad del combustible sobre el comportamiento del motor. Cuanto mas alta es la gravedad API, tanto menor es la densidad del combustible y por ello menor el valor calórico del combustible por galón. Si se usa combustible de gravedad superior a 35°API el resultado será una potencia menor que la indicada.

Si utilizamos un combustible con una gravedad específica de 40° API y con una temperatura del aire de admisión de 100°F en la prueba de un motor 3306 turboalimentado que tiene una potencia indicada de 300 HP la potencia real que deberíamos esperar al efectura la prueba en el dinámometro sería:

$$\text{Potencia esperada} = \frac{\text{Potencia indicada}}{\text{Factores de corrección}}$$

Factor de corrección = 1,008 según tabla, para $T = 100^{\circ}\text{F}$

Factor de corrección = 1,068 según tabla, para una densidad de combustible 40°API a 90°F .

Por lo tanto:

$$\text{Potencia esperada} = \frac{300 \text{ HP}}{1,008 \times 1,068} = 292,7 \text{ HP}$$

Presentamos a continuación hoja de prueba de un motor en el dinamómetro con los resultados obtenidos en la misma.

Siempre tomamos como referencia la potencia esperada o real para lo cual ya se tienen hechas las correcciones del caso.

Todos estos resultados son impresos y entregados al cliente en el momento de retirar su motor.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del análisis de este informe podemos concluir que la terciarización unida a una buena administración logra en un taller de servicios:

1. Que la inversión en el taller se justifique por la rentabilidad del mismo
2. Un servicio generalizado y una buena imagen hacia el cliente lo cual hace que se produzca un efecto multiplicador de los mismos
3. Permite la capacitación del personal lo cual se traduce en una mejora en la calidad de los trabajos , principal problema de los talleres en nuestro país.

A su vez, para las personas que se encuentran trabajando en el área de servicios podemos indicar algunas recomendaciones básicas:

1. Especialización y actualización constante de los talleres
2. Llevar diagramas de proceso de las reparaciones
3. Evitar pérdidas de tiempo
4. Entregar los trabajos con una garantía seria de los mismos.

BIBLIOGRAFIA

1. CATERPILLAR, *Engyne Dynamometer Facilities*, CAT, U.S.A., 1.984
2. CATERPILLAR, *Boletín de Instrucciones especiales*, CAT, U.S.A., 1.987
3. CATERPILLAR, *Manual de Rendimiento Caterpillar*, Caterpillar Inc., E.U.A. , 1.988
4. CATERPILLAR, *Fuel setting information*, CAT, U.S.A., 1.980
5. CATERPILLAR, *Motores Marinos Caterpillar aplicación e instalación*, CAT, E.U.A., 1.973
6. GUERBER, *Motor diesel*, Editorial Gustavo Gili S.A., Barcelona, 1.973